



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR AIR DAN KOH PADA PLANT PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

**Mohammad Berel Toriki
NRP 2413.031.014**

**Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR AIR DAN KOH PADA PLANT PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

**Mohammad Berel Toriki
NRP 2413.031.014**

**Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN BUILD MIXING SYSTEM WATER AND
KOH IN PRODUCTION PLANT HYDROGEN
METHODLY ELECTROLISYS***

**Mohammad Berel Toriki
NRP 2413.031.014**

Supervisor
Arief Abdurrahman, S.T, M.T.
NIP. 19710702 199802 1 001

**STUDY PROGRAM OF D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR AIR DAN KOH PADA PLANT PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

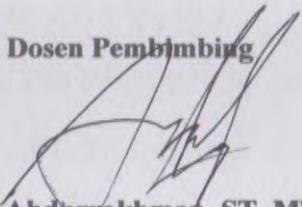
TUGAS AKHIR

Oleh:

**Mohammad Berel Toriki
NRP. 2413 031 014**

**Surabaya, 02 Agustus 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing

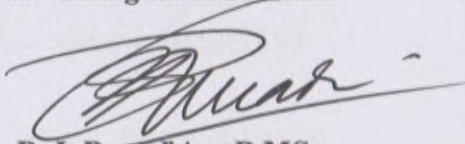

Arief Abdurrahman, ST.,MT.
NIP. 19870712 201404 1 002

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**



Agus Muhammad Huda, ST, MS, PhD
NIP. 19780902 200312 1 002

**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001

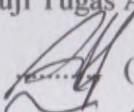
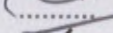
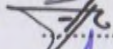
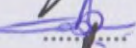

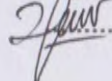
RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR AIR DAN KOH PADA PLANT PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Sarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Mohammad Berel Toriki
NRP. 2413 031 014

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Arief Abdurrahman, S.T.,M.T.  (Dosen Pembimbing)
2. Ir. Harsono Hadi, M.Sc.,Ph.D  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Roekmono, M.T.  (Dosen Penguji I)
4. Bagus Tris Atmaja, S.T.,M.T.  (Dosen Penguji II)
5. Detak Yan Pratama, S.T.,M.Sc.  (Dosen Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, S.T.,MT.  (Dosen Penguji IV)

SURABAYA
JULI 2016

RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR AIR DAN KOH PADA PLANT PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

Nama Mahasiswa : Mohammad Berel Toriki
NRP : 2413 031 014
Program Studi : DIII Metrologi dan Instrumentasi,
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman, S.T, M.T

Abstrak

Elektrolisis merupakan suatu proses pemisahan gas hidrogen dan oksigen pada air murni. Pada proses pemisahan tersebut dibutuhkan suatu larutan katalis yang berfungsi untuk mempercepat pemisahan pada air murni (*aquades*). Pada tugas akhir ini digunakan larutan KOH sebagai katalis. Untuk proses pencampuran larutan KOH dan air (*aquades*) menggunakan 3 buah wadah akrilik yang masing-masing sebagai tempat KOH, air (*aquades*), dan hasil campuran KOH dan air air (*aquades*). Proses pencampuran pada tugas akhir ini menggunakan metode rasio kontrol dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang diletakkan pada wadah pencampur. Sensor ultrasonik yang digunakan memiliki 3 variasi nilai *error* yaitu 0,102% pada *set point* 11 cm, 0,131% pada *set point* 14 cm dan 0,159% pada *set point* 17 cm. Selain itu, digunakan alat pengaduk otomatis pada wadah *mixing process* yang digerakkan oleh motor DC 12 volt. Motor DC akan mengaduk saat KOH mengalir ke wadah *mixing process* dengan durasi waktu saat komposisi *aquades* 60% dan KOH 40% yaitu 431,12 detik. Sedangkan, saat komposisi *aquades* 70% dan KOH 30% motor dc akan mengaduk dengan durasi waktu 140,01 detik. Pengambilan data respon sistem pada *set point* ketinggian 11 cm didapatkan waktu *steady state* 675,08 detik, *set point* ketinggian 14 cm dengan waktu *steady state* 883,21 detik, dan pada *set point* ketinggian 17 cm dengan waktu *steady state* 975,12 detik.

Kata kunci : Air (*aquades*), KOH, Sensor ultrasonik HC-SR04, dan Motor DC.

DESIGN BUILD MIXNG SYSTEM WATER AND KOH IN PRODUCTION PLANT HYDROGEN METHODLY ELECTROLYSIS

Student Name : Mohammad Berel Toriki
NRP : 2413 031 014
Study Program : DIII Metrology and Instrumentation
Major : Engineering Physic FTI-ITS
Advisor Lecturer : Arief Abdurrahman, S.T., M.T.

Abstract

Electrolysis is a process of separating the hydrogen gas and oxygen on purest air. The separation process takes at a catalyst solution accelerate its function is to review the separation of pure air on (distilled water). On final solution singer used KOH as a catalyst. The process for the review and the air mixing KOH solution (distilled water) using three pieces of container acrylic respectively as KOH place, air (distilled), commercial articles KOH air mixture and air (distilled water). On final mixing process singer ratio method using ultrasonic sensors Control with HC-SR04 The mixing container placed at. the ultrasonic sensors used to have 3 variations that error value 0102% on set point 11 cm, 0131% on set point of 14 cm and a 0159% on set point 17 cm. In addition to mixing process, use automatic mixer at container the mixing process is driven by a 12 volt DC motor. When the DC motor will stir KOH containers flowing into with duration of the mixing process current time composition of 60% distilled water and 40% KOH namely 431.12 seconds. Mean while, when the composition of 70% distilled water and 30% KOH dc motor will stir with duration time is 140.01 seconds. Date retrieval system response on set point height of 11 cm obtained steady state time 675.08 seconds, set point height of 14 cm time 883.21 seconds steady state, and at set point height of 17 cm time steady state is 975.12 seconds.

Keyword : Water (aquades), KOH, Ultrasonic sensor HC-SR04, and Motor DC.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Elektrolisis	5
2.2. Kalium Hidroksida (KOH)	7
2.3. Mikrokontroler Atmega8535	8
2.4. Solenoid <i>Valve</i>	14
2.5. Motor DC	15
2.6. Sensor Ultrasonik	16
2.7. Karakteristik Statik	19
2.8. Teori Ketidakpastian	20
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1. <i>Flowchart</i> Perancangan Alat	23
3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir	24
3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir	30
3.4. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	34
3.5. Prosedur Operasional	36
BAB IV ANALISA DATA	
4.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	37
4.2. Pengujian Ketidakpastian Pembacaan Alat	44
4.3. Pengujian Ketidakpastian Pembacaan Alat	46

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A DATA *SHEET* ATMEGA 8535

LAMPIRAN B *DATASHEET* ULTRASONIK HC-SR04

LAMPIRAN C DATA *SHEET* SOLENOID VALVE

LAMPIRAN D *LISTING PROGRAM*

**LAMPIRAN E DATA PEMBACAAN BERULANG PADA
SENSOR ULTRASONIK HC-SR04**

LAMPIRAN F HASIL PENGUJIAN GAS HIDROGEN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Energi Pada <i>Fuel Gas</i>	5
Tabel 2.2 Penjelasan <i>Pin</i> Pada Mikrokontroler ATmega 8535	9
Tabel 2.3 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port A</i>	10
Tabel 2.4 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port B</i>	11
Tabel 2.5 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port C</i>	12
Tabel 2.6 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port D</i>	13
Tabel 2.7 Bagian-Bagian Solenoid <i>Valve</i>	14
Tabel 3.1 Konfigurasi Pada ATmega8535	33
Tabel 4.1 Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	38
Tabel 4.2 Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04	39
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan O_{ideal} Sensor Ultrasonik	41
Tabel 4.4 Nilai <i>Hysterysys</i> Sensor Ultrasonik HC-SR04	42
Tabel 4.5 Durasi Pergerakan Motor Pengaduk	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Pemecahan Molekul Air Menjadi HHO	5
Gambar 2.2. Mekanisme Kerja Elektrolisis	6
Gambar 2.3. Bagian-Bagian Solenoid <i>Valve</i>	14
Gambar 2.4. Motor DC	15
Gambar 2.5. Sensor Ultrasonik HC-SR04	16
Gambar 2.6. Rangkaian <i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i> Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	17
Gambar 2.7. Tabel <i>T-Student</i>	22
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	23
Gambar 3.2. Diagram Blok Pengendalian	24
Gambar 3.3. Wadah Penampung KOH	25
Gambar 3.4. Wadah Penampung Air	25
Gambar 3.5. Wadah Pencampur	26
Gambar 3.6. Solenoid <i>Valve</i>	27
Gambar 3.7. Sensor Ultrasonik HC-SR04	28
Gambar 3.8. <i>Relay</i>	29
Gambar 3.9. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	29
Gambar 3.10. Diagram Alir Perancangan Alat	30
Gambar 3.11. <i>Block Flow Diagram</i>	31
Gambar 3.12. <i>Process Flow Diagram</i>	31
Gambar 3.13. <i>Piping and Instrument Diagram</i>	32
Gambar 3.14. Konfigurasi <i>Pin</i> Sensor Ultrasonik HC-SR04	33
Gambar 3.15. Tampilan <i>Software Code Vision</i> AVR V2.05.0	35
Gambar 3.16. Khazama V1.7.0	36
Gambar 4.1. Diagram Alir Sensor	37
Gambar 4.2. Grafik Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	38
Gambar 4.3. Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04	40
Gambar 4.4. Grafik Presisi Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	40
Gambar 4.5. Grafik <i>Linearity</i> Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	42
Gambar 4.6. Grafik Histerisis Sensor Ultrasonik HC-SR04	43
Gambar 4.7. Grafik Respon Pada <i>Set Point</i> 9 Cm	47

Gambar 4.8. Grafik Respon Pada <i>Set Point</i> 6 Cm	47
Gambar 4.9. Grafik Respon Pada <i>Set point</i> 3 Cm	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam kehidupan. Energi terdiri dari beberapa macam baik berdasarkan sumbernya, berdasarkan cara penggunaannya maupun jumlah ketersediaannya di alam. Berdasarkan jumlah ketersediaannya energi dibagi menjadi 2 yaitu energi yang dapat diperbarui (energi terbarukan) dan energi yang tidak dapat diperbarui. Energi yang tidak dapat diperbarui merupakan energi yang jumlahnya terbatas, karena sangat bergantung pada jumlah ketersediaannya di alam, dan biasanya dihasilkan dari fosil hewan, tumbuhan dan plankton. Sedangkan energi yang dapat diperbarui merupakan energi yang dihasilkan dari alam dan dapat diolah kembali secara terus-menerus dengan menggunakan sebuah teknologi yang bisa mendukung proses daur ulangnya.

Energi yang dapat diperbarui terdiri dari berbagai macam seperti energi surya, energi angin, energi air, dan juga macam-macam energi yang lainnya. Energi air merupakan salah satu sumber energi yang jumlahnya sangat banyak di muka bumi, Energi air saat ini bukan hanya bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA), tetapi juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif masa depan sebagai pengganti bahan bakar *fossil fuel* yaitu dengan cara memanfaatkan gas hidrogen yang diperoleh dari suatu proses pemisahan dari gas oksigen. Penggunaan gas hidrogen sebagai bahan bakar dapat menghasilkan tenaga atau energi yang lebih besar dari pada tenaga yang dihasilkan jika menggunakan *fossil fuel*.

Pemanfaatan gas hidrogen sebagai bahan bakar bisa didapatkan salah satunya yaitu dengan cara elektrolisis. Elektrolisis merupakan proses pemisahan antara molekul gas hidrogen dengan molekul gas oksigen pada air. Pada proses elektrolisis, pemisahan antara molekul gas hidrogen dan molekul gas oksigen dibantu oleh adanya elektroda yaitu anoda dan katoda

yang dihubungkan dengan sumber tegangan listrik. Besarnya tegangan listrik yang digunakan dapat mempengaruhi waktu dan jumlah gas hidrogen yang diperoleh. Md Mamoon Rashid, et al, 2015 menyatakan bahwa penggunaan tegangan yang dapat mengefisiensi energi yang digunakan pada proses elektrolisis adalah 1,65-1,7 volt.^[1]

Selain penggunaan tegangan yang dapat mempengaruhi gas hidrogen yang dihasilkan, penggunaan larutan katalis juga sangat mempengaruhi kecepatan reaksi pemisahan antara gas hidrogen dan gas oksigen pada air. A.J.Appleby, et al, 1978 menyatakan bahwa penggunaan KOH sebagai elektrolit dapat meningkatkan efisiensi tegangan dan energi yang digunakan sebesar 78%-80%. Selain itu, Abdurrahman, et al, 2012 menyatakan bahwa nilai produksi gas hidrogen maksimum terletak pada konsentrasi KOH 30%. Oleh karena itu, pencampuran antara air akuades dengan konsentrasi 70% dan KOH 30%, dapat menghasilkan jumlah gas hidrogen yang maksimal dengan waktu yang relatif singkat dan dengan tingkat efisiensi penggunaan energi yang cukup besar sekitar 78-80%. Namun, beberapa penelitian yang telah dilakukan masih menggunakan proses pencampuran larutan manual dalam proses elektrolisisnya. Sehingga, pada tugas akhir ini dirancang sistem pengendalian aliran untuk pencampuran larutan katalis dengan air pada *plant* produksi hidrogen dan oksigen dengan metode elektrolisis air. Pada plan ini diperlukan sistem pengendalian agar campuran air dan KOH memiliki konsentrasi yang ditentukan.^[1]

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang sistem yang digunakan untuk mengatur komposisi campuran aquades dan KOH pada tangki pencampur ?
2. Bagaimana merancang alat pengaduk yang digunakan untuk mengaduk campuran antara aquades dan KOH secara otomatis ?

3. Bagaimana respon dan *error* yang dihasilkan oleh sistem saat diberikan *set point* ketinggian = 11 cm, ketinggian = 14 cm, dan ketinggian = 17 cm ?

1.3. Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 metrologi dan instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan sistem yang digunakan untuk mengatur komposisi campuran aquades dan KOH pada tangki pencampur.
2. Menghasilkan alat yang digunakan untuk mengaduk campuran aquades dan larutan KOH secara otomatis..
3. Mengetahui respon dan *error* yang dihasilkan sistem saat diberikan *set point* ketinggian = 11 cm, ketinggian = 14 cm, dan ketinggian = 17 cm.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Pengaruh temperatur terhadap konsentrasi larutan tidak dibahas.
2. Temperatur air terhadap konsentrasi KOH tidak dibahas.
3. Temperatur KOH dalam proposal tugas akhir ini tidak dibahas

1.5. Manfaat

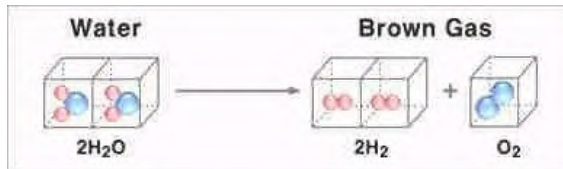
Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pengatur campuran air dan KOH untuk mendapatkan produksi gas hidrogen yang maksimal dengan menggunakan mikrokontroler atmega8535.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II DASAR TEORI

2.1. Elektrolisis

Brown's Gas merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H_2O) dengan proses elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air *tersebut* adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO) (*Peter E.W Lowrie, 2005*), sebagaimana terdapat pada gambar 2.1. Oleh karena itu Brown's gas juga lebih dikenal dengan nama gas HHO, selain itu gas HHO juga dikenal dengan sebutan oxy-hydrogen.^[2]



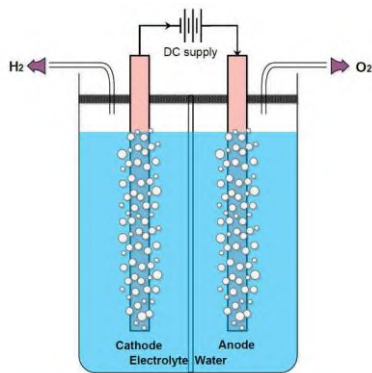
Gambar 2.1. Proses Pemecahan Molekul Air Menjadi Gas HHO^[2]

Adapun perbandingan nilai energi yang dimiliki oleh hidrogen paling besar diantara *fuel gas* yang lain, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Nilai Energi Pada *Fuel Gas*^[2]

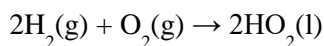
Fuel Gas	(kcal/kg)		(kcal/mm ³) ¹⁾	
	Gross Heating Values	Net Heating Values	Gross Heating Values	Net Heating Values
Hydrogen	33,889	28,555	3,050	2,570
Methane	13,284	11,946	9,530	8,570
Ethane	12,400	11,350	16,700	15,300
Ethylene	12,020	11,270	15,100	14,200
Natural Gas	~12,000	~11,000	~9,000	~8,000
Propane	12,030	11,080	24,200	22,250
Propylene	11,700	10,940	22,400	20,900
n-Butane	11,830	10,930	31,900	29,400
Iso-Butane	11,810	10,900	31,700	29,200
Butylene-1	11,580	10,830	29,900	27,900
Iso-Pentane (liquid)	11,600	10,730		
LPG (average)	11,920	10,997	28,000	25,775
Acetylene	11,932	11,514	13,980	13,490
Carbon Monoxide	2,411	2,411	3,014	3,014

Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik (*Anne Marie Helmenstine, 2001*). Sedangkan elektrolisis air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda). Agar proses elektrolisa dapat terjadi dengan cepat maka air tersebut dicampur dengan elektrolit sebagai katalis.^[2]



Gambar 2.2. Mekanisme Kerja Elektrolisis^[1]

Gas HHO (Brown's Gas) terdiri dari gas hidrogen dan oksigen, dengan perbandingan komposisi mol 2:1. Perbandingan ini adalah perbandingan yang stoikiometri untuk terjadinya reaksi pembakaran (oksidasi) gas hidrogen oleh gas oksigen. Reaksi pembakaran pada gas HHO pada dasarnya adalah reaksi terikatnya kembali hidrogen pada oksigen untuk membentuk molekul air. Sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut ini:



Persamaan reaksi kimia tersebut merupakan kebalikan dari persamaan kimia pada elektrolisis air. Jika pada proses elektrolisa untuk memecah molekul air membutuhkan energi, maka sebaliknya pada reaksi oksidasi hidrogen dihasilkan sejumlah energi. Gas hidrogen mempunyai beberapa karakteristik yaitu : tidak berwarna, mudah terbakar (*flameble*), sangat ringan, dan sangat mudah bereaksi dengan zat kimia lainnya. Namun gas HHO pada kondisi normal tidak akan terbakar dengan sendirinya tanpa ada sulutan api. (Arief Abdurrahman, 2013).^[2]

2.2. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium Hidroksida (KOH) merupakan suatu bahan kimia yang memiliki sifat basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik. Kalium Hidroksida (KOH) adalah senyawa berbentuk kristal dengan warna putih yang higroskopis. A. J. Appleby, et al, 1978 menyatakan bahwa dalam proses elektrolisis penggunaan KOH sebagai elektrolit dapat meningkatkan efisiensi produksi gas hidrogen dan juga dapat meningkatkan efisiensi tegangan dan energi yang digunakan sebesar 78-80% pada tekanan 1 atm. Karena, kalium hidroksida yang terlarut dalam air akan terurai menjadi anion K^+ dan kation OH^- .^[1]

Anion dan kation tersebut dapat menghantarkan arus listrik di dalam air. Sehingga, semakin banyak kalium hidroksida yang terlarut dalam air, maka hambatan elektrolisa yang terjadi semakin berkurang. Sehingga, arus yang mengalir akan semakin besar dan berbanding lurus dengan volume gas yang dihasilkan.

Selain itu, pada proses elektrolisis KOH berfungsi sebagai katalisator (mempercepat reaksi) yang dalam hal ini mempercepat proses pemisahan gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2). KOH termasuk dalam golongan basa kuat yang merupakan senyawa kimia alkali kaustik yang mudah larut dalam air dan mudah terbakar dan jika dilarutkan dalam air akan menjadi KOH_3 . Semakin tinggi konsentrasi larutan KOH yang tercampur, maka produksi gas hidrogen pada proses elektrolisis akan semakin

cepat. KOH dapat dapat menutup gas hidrogen, sehingga gas hidrogen akan terikat pada sisi negatif dari elektroda.^[2]

2.3. Mikrokontroler Atmega8535

Mikrokontroler Atmega8535 merupakan sebuah mikrokontroler yang berbasis pada *input* dan *output* yang mudah digunakan dan sebuah sarana untuk pengembangan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan. Mikrokontroler ini diprogram dengan menggunakan bahasa C++. Biasanya mikrokontroler ini dirakit menjadi satu dengan sebuah minimum sistem yang telah terintegrasi dengan *port-port input* dan *output*, *port* ISP sebagai jalur untuk *downloader*, *port* VCC dan *ground*, komunikasi serial, dan lain-lain. Rangkaian minimum sistem dari mikrokontroler Atmega8535 ini dapat dirakit sendiri dan dapat juga membeli langsung tanpa merakitnya sendiri. Pada rangkaian minimum sistem pada umumnya selain bisa digunakan untuk mikrokontroler jenis Atmega8535, juga dapat digunakan untuk Atmega16.

Selain itu, mikrokontroler CMOS 8 *bit* daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATmega8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Fitur-fitur tersebut antara lain:

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yang terdiri atas *Port* A, B, C dan D.
- b. ADC (*Analog to Digital Converter*).
- c. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
- d. CPU yang terdiri atas 32 *register*.
- e. *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*.
- f. SRAM sebesar 512 *byte*.
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *read while write*.
- h. Unit Interupsi *Internal* dan *External*.

- i. *Port* antarmuka SPI untuk *men-download* program ke *flash*.
- j. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
- k. Antarmuka komparator *analog*.
- l. *Port* USART untuk komunikasi serial.

2.3.1 Konfigurasi *Pin* ATMega8535

Mikrokontroler AVR ATMega memiliki 40 *pin* dengan 32 *pin* diantaranya digunakan sebagai *port paralel*. Satu *port paralel* terdiri dari 8 *pin*, sehingga jumlah *port* pada mikrokontroler adalah 4 *port*, yaitu *port* A, *port* B, *port* C dan *port* D. Sebagai contoh adalah *port* A memiliki *pin* antara *port* A.0 sampai dengan *port* A.7, demikian selanjutnya untuk *port* B, *port* C, *port* D. Berikut ini adalah tabel penjelasan mengenai *pin* yang terdapat pada mikrokontroler ATMega8535:

Tabel 2.2. Penjelasan *Pin* Pada Mikrokontroler ATMega8535^[3]

VCC	Tegangan suplai (5 volt)
GND	<i>Ground</i>
RESET	<i>Input reset level</i> rendah, pada <i>pin</i> ini selama lebih dari panjang pulsa <i>minimum</i> akan menghasilkan <i>reset</i> walaupun <i>clock</i> sedang berjalan. RST pada <i>pin</i> 9 merupakan <i>reset</i> dari AVR. Jika pada <i>pin</i> ini diberi masukan <i>low</i> selama minimal 2 <i>machine cycle</i> maka sistem akan di- <i>reset</i>
XTAL1	<i>Input</i> penguat <i>osilator inverting</i> dan <i>input</i> pada rangkaian operasi <i>clock internal</i>
XTAL2	<i>Output</i> dari penguat <i>osilator inverting</i>

Tabel 2.2 Penjelasan Pin Pada Mikrokontroler ATmega8535^[3] (Lanjutan)

AVCC	<i>Pin</i> tegangan suplai untuk <i>port</i> A dan ADC. <i>Pin</i> ini harus dihubungkan ke Vcc walaupun ADC tidak digunakan, maka <i>pin</i> ini harus dihubungkan ke Vcc melalui <i>low pass filter</i>
AREF	<i>pin</i> referensi tegangan <i>analog</i> untuk ADC
AGND	<i>pin</i> untuk <i>analog ground</i> . Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika <i>board</i> memiliki <i>analog ground</i> yang terpisah

2.3.2 Penjelasan *Port-Port* Atmega8535

Berikut ini adalah penjelasan dari *pin* mikrokontroler ATmega8535 menurut *port*-nya masing-masing :

a. *Port* A

Pin 33 sampai dengan *pin* 40 merupakan *pin* dari *port* A. Merupakan 8 bit *directional port* I/O. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per bit). *Output buffer port* A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register port* A (DDRA) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port* A digunakan. *Bit-bit* DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port* A yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port* A juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.^[3]

Tabel 2.3. Penjelasan *Pin* Pada *Port* A^[3]

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>Pin</i> A 7	ADC7 (ADC <i>Input Channel</i> 7)
<i>Pin</i> A 6	ADC6 (ADC <i>Input Channel</i> 6)

Tabel 2.3 Penjelasan *Pin* Pada *Port A*^[3] (Lanjutan)

<i>PinA 5</i>	ADC5 (ADC <i>Input Channel 5</i>)
<i>PinA 4</i>	ADC4 (ADC <i>Input Channel 4</i>)
<i>PinA 3</i>	ADC3 (ADC <i>Input Channel 3</i>)
<i>PinA 2</i>	ADC2 (ADC <i>Input Channel 2</i>)
<i>PinA 1</i>	ADC1 (ADC <i>Input Channel 1</i>)
<i>PinA 0</i>	ADC0 (ADC <i>Input Channel 0</i>)

b. Port B

Pin 1 sampai dengan *pin 8* merupakan *pin* dari *port B*. Merupakan 8 bit *directional port I/O*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per bit). *Output buffer port B* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port B* (DDRB) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port B* digunakan. *Bit-bit* DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* pada *port B* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port B* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 3.^[3]

Tabel 2.4. Penjelasan *Pin* Pada *Port B*^[3]

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>PinB 7</i>	SCK (SPI <i>Bus Serial Clock</i>)
<i>PinB 6</i>	VISO (SPI <i>Bus Master Input/Slave Output</i>)
<i>PinB 5</i>	VOSI (SPI <i>Bus Master Output/Slave Input</i>)
<i>PinB 4</i>	SS (SPI <i>Slave Select Input</i>)
<i>PinB 3</i>	AIN1 (Analog <i>Comparator Negative Input</i>)OCC (Timer/Counter0 <i>Output Compare Match Output</i>)

Tabel 2.4 Penjelasan *Pin* Pada *Port*^[3] (Lanjutan)

<i>PinB 2</i>	<i>AIN0 (Analog Comparator Positive Input)INT2 (External Interrupt2 Input)</i>
<i>PinB 1</i>	<i>T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)</i>
<i>PinB 0</i>	<i>T0 (Timer/Counter0 External Counter Input)XCK (JSART External Clock Input/Output)</i>

c. Port C

Pin 22 sampai dengan *pin 29* merupakan *pin* dari *port C*. *Port C* sendiri merupakan *port input* atau *output*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port C* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port C (DDRC)* harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port C* digunakan. *Bit-bit DDRC* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port C* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin port D* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.5.^[3]

Tabel 2.5. Penjelasan *Pin* Pada *Port C*^[3]

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>PinC 7</i>	<i>TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)</i>
<i>PinC 6</i>	<i>TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)</i>
<i>PinC 1</i>	<i>SDA (Two-Wire Serial Bus Data Input/Output Line)</i>
<i>PinC 0</i>	<i>SCL (Two-Wire Serial Bus Clock Line)</i>

d. Port D

Pin 14 sampai dengan *pin 20* merupakan *pin* dari *port D*. Merupakan 8 bit *directional port I/O*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per bit). *Output buffer port D* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port D (DDRD)* harus di-setting terlebih dahulu sebelum *port D* digunakan. *Bit-bit DDRD* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port D* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port D* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.6.^[3]

Tabel 2.6. Penjelasan *Pin* Pada *Port D*^[3]

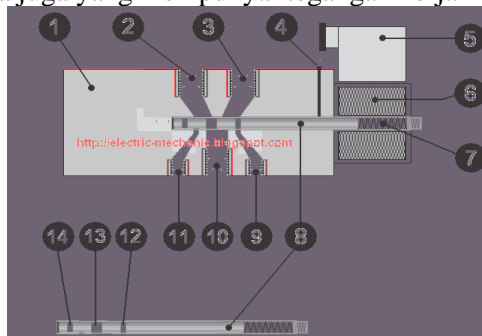
<i>Pin</i>	Keterangan
<i>PinD 0</i>	RDX (<i>UART input line</i>)
<i>PinD 1</i>	TDX (<i>UART output line</i>)
<i>PinD 2</i>	INT0 (<i>external interrupt 0 input</i>)
<i>PinD 3</i>	INT1 (<i>external interrupt 1 input</i>)
<i>PinD 4</i>	OC1B (<i>Timer/Counter1 output compareB match output</i>)
<i>PinD 5</i>	OC1A (<i>Timer/Counter1 output compareA match output</i>)
<i>PinD 6</i>	ICP (<i>Timer/Counter1 input capture pin</i>)
<i>PinD 7</i>	OC2 (<i>Timer/Counter2 output compare match output</i>)

2.4. Solenoid Valve

Solenoid *valve* merupakan katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerakanya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC. Solenoid *valve* mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*. Dimana lubang masukan berfungsi sebagai terminal atau tempat cairan masuk atau *supply*, lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau saluran cairan keluar yang dihubungkan ke beban, sedangkan lubang *exhaust* berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak.

2.4.1 Prinsip Kerja Solenoid Valve

Prinsip kerja dari solenoid *valve*/katup yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakanya, dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan *plunger* pada bagian dalamnya. Ketika *plunger* berpindah posisi, maka pada lubang keluaran dari solenoid *valve* pneumatik akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supply* (*service unit*), pada umumnya solenoid *valve* pneumatik ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC, namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC. ^[4]



Gambar 2.3. Bagian-Bagian Solenoid Valve^[4]

Dari gambar diatas, dapat dijelaskan bagian-bagian dari solenoid *valve* yang ditunjukkan oleh angka seperti pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Bagian-Bagian Solenoid Valve^[4]

No.	Keterangan
1	<i>Valve Body</i>
2	Terminal Masukan (<i>Inlet Port</i>)
3	Terminal Keluaran (<i>Outlet Port</i>)
4	<i>Manual Plunger</i>
5	Terminal Slot <i>Power</i> Suplai Tegangan
6	Kumparan Gulungan (Koil)
7	<i>Spring</i>
8	<i>Plunger</i>
9	Lubang Jebakan Udara
10	Lubang <i>Inlet Main</i>
11	Lubang Jebakan Udara
12	Lubang <i>Plunger Exhaust Outlet Port</i>
13	Lubang <i>Plunger Inlet Main</i>
14	Lubang <i>Plunger Exhaust Inlet Port</i>

2.5. Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut. ^[5]

2.5.1 Kutub Medan

Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.

2.5.2 Current Elektromagnet atau Dinamo

Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi

membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.

2.5.3 Commutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.4. Motor DC^[5]

2.6 Sensor Ultrasonik

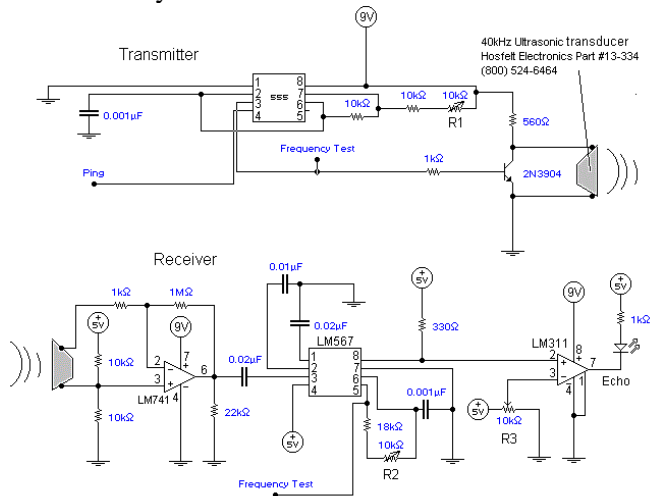
Sensor Ultrasonik merupakan komponen yang kerjanya didasarkan pada prinsip dari pantulan gelombang, sehingga dapat dipakai untuk membaca eksistensi sebuah benda spesifik yang ada dalam batas frekuensinya. Sensor ultrasonik frekuensi yaitu sekitar 40 KHz sampai 400 KHz. Sensor ultrasonik dibentuk dari 2 buah unit yaitu *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima).



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04^[6]

Kedua unit ini memiliki struktur yang sangatlah sederhana yaitu suatu kristal *piezoelectric* yang terhubung dengan jangkar

mekanik dengan sebuah diafragma penggetar sebagai penghubungnya. Pada plat logam diberikan tegangan bolak-balik yang mempunyai frekuensi 40 KHz sampai dengan 400 KHz. Sehingga, akan terjadi kontraksi atau pengikatan dengan mengembang ataupun menyusut karena polaritas tegangan yang dikasih pada kristal *piezoelectric*, sehingga hal tersebut terjadi pada struktur atomnya. [6]



Gambar 2.6 Rangkaian *Transmitter* Dan *Receiver* Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04^[6]

a. Pemancar Ultrasonik (*Transmitter*)

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 kHz, harus dibuat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen RLC atau kristal tergantung dari desain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi

reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.

Prinsip kerja dari rangkaian pemancar gelombang ultrasonik tersebut adalah sebagai berikut :

- Sinyal 40 kHz dibangkitkan melalui mikrokontroler.
- Sinyal tersebut dilewatkan pada sebuah resistor sebesar 30 kOhm untuk pengaman ketika sinyal tersebut membias maju rangkaian dioda dan transistor.
- Kemudian sinyal tersebut dimasukkan ke rangkaian penguat arus yang merupakan kombinasi dari 2 buah dioda dan 2 buah transistor.
- Ketika sinyal dari masukan berlogika tinggi (+5V), maka arus akan melewati dioda D1(D1 ON), kemudian
- Arus tersebut akan membias transistor T1, sehingga arus yang akan mengalir pada kolektor T1 akan besar sesuai dari penguatan transistor.
- Ketika sinyal dari masukan berlogika rendah (0V), maka arus akan melewati dioda D2 (D2 ON), kemudian arus tersebut akan membias transistor T2, sehingga arus yang akan melewati pada kolektor T2 akan besar sesuai dari penguatan dari transistor.
- Resistor R4 dan R6 berfungsi untuk membagi tegangan menjadi 2,5 V. Sehingga pemancar ultrasonik akan menerima tegangan bolak-balik dengan $V_{\text{peak-peak}}$ adalah 5V (+2,5V s.d -2,5V).

b. Penerima Ultrasonik (*Receiver*)

Penerima ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensi yang sesuai Sinyal yang diterima tersebut akan melalui proses filterisasi frekuensi dengan menggunakan rangkaian *band pass filter* (penyaring pelewat pita), dengan nilai frekuensi yang dilewatkan telah ditentukan. Kemudian sinyal keluarannya akan dikuatkan dan dilewatkan ke rangkaian komparator (pembanding)

dengan tegangan referensi ditentukan berdasarkan tegangan keluaran penguat pada saat jarak antara sensor dengan sekat atau dinding pembatas mencapai jarak minimum untuk berbelok arah. Dapat dianggap keluaran komparator pada kondisi ini adalah *high* (logika 1), sedangkan jarak yang lebih jauh adalah *low* (logika 0). Logika-logika biner ini kemudian diteruskan ke rangkaian pengendali (mikrokontroler).

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik yang menggunakan piezoelektrik yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari transmitter. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramik dan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut.^[6]

2.7 Karakteristik Statik

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu. Karakteristik statik tersebut terdiri dari :^[7]

a. Akurasi

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$akurasi = \left\{ 1 - Rata - Rata \frac{(pemb.std - pemb.alat)}{pembacaan\ std} \right\} \quad 2.1$$

b. Presisi

Presisi merupakan kemampuan alat ukur untuk menampilkan nilai output yang sama pada pengukuran berulang.

$$Presisi = \left\{ 1 - Rata - Rata \frac{(pemb.alat - pemb.std)}{pembacaan\ alat} \right\} \quad 2.2$$

c. Error

Selisis nilai pengukuran alat dengan nilai standar.

$$Error = pembacaan\ alat - pembacaan\ standar \quad 2.3$$

d. Linearitas

Linearitas pada sensor merupakan perbandingan perubahan *output* terhadap perubahan *input* secara kontinyu. Untuk mendapatkan nilai linearitas dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad 2.4$$

$$a = O_{min} - (K \cdot I_{min}) \quad 2.5$$

e. Hysterisis

Hysterisis merupakan .

$$\%H = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad 2.6$$

f. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan penunjukan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan sebagai bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran (*output*) terhadap perubahan masukan (*input*).

$$Sensitivitas (K) = \frac{\Delta o}{\Delta I} \quad 2.7$$

2.8 Teori Ketidakpastian

a. Koreksi

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\text{Koreksi} = \text{Pembacaan standard} - \text{Pembacaan alat} \quad 2.8$$

b. Standard deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (D_i - D')^2}}{n-1} \quad 2.9$$

dimana :

D_i = koreksi alat ukur

D_i' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. Analisa Type A, (U_a)

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}} \quad 2.10$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad 2.11$$

d. Analisa Tipe B, (U_b)

Analisa tipe B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\text{Resolusi}/2}{\sqrt{3}} \quad 2.12$$

Dimana :

$SSR = \text{Sum Square Residual}$

$$U_{b2} = \frac{\alpha}{k} \quad 2.13$$

e. Ketidakpastian Kombinasi (U_c)

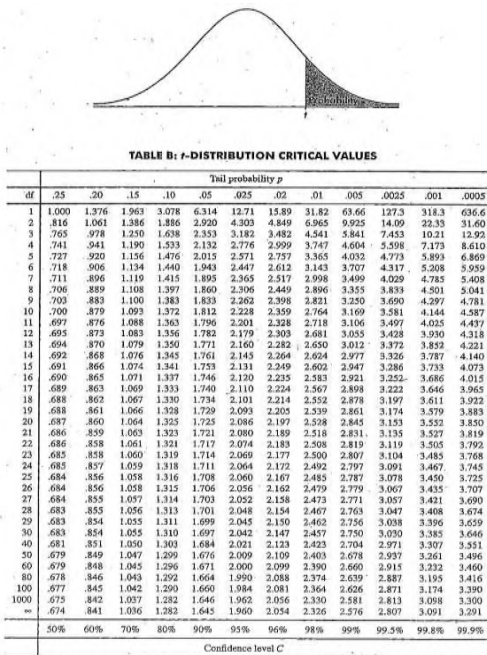
U_c merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah: $U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$ 2.14

f. Ketidakpastian Diperluas

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui U_{expand} . Persamaan U_{expand} adalah:

$$U_{expand} = k \cdot U_c \quad 2.15$$

Untuk mencari nilai k , maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T *student* dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tabel T-student

g. V efektif

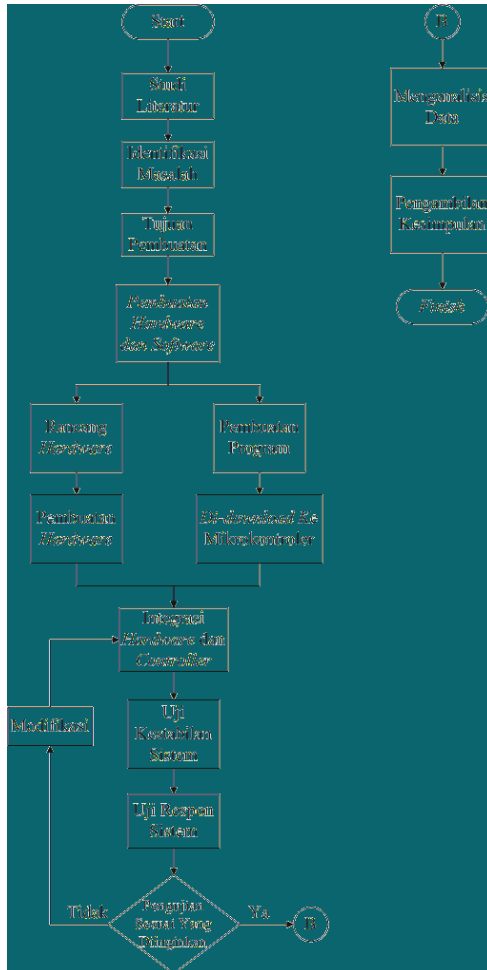
$$V_{\text{eff}} = \frac{\sum(U_i) + U_c}{\sum(U_i) + V_i}$$

2.16

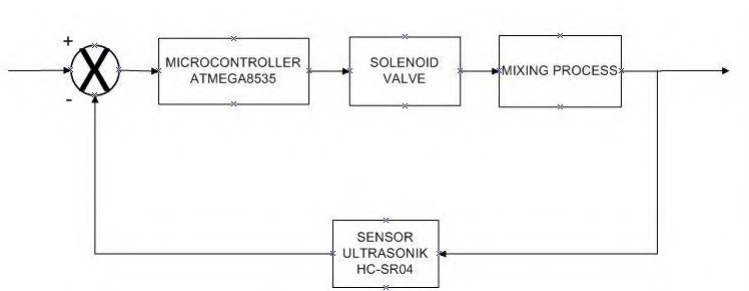
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. *Flowchart* Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Blok Pengendalian

Pada gambar 3.2 menjelaskan mengenai alur sistem pengendalian yang saling terintegrasi untuk mencapai nilai *set point* yang ditentukan. Nilai *set point* yang diberikan akan akan diproses oleh mikrokontroler Atmega8535 sebagai kontroler sekaligus akan diproses untuk memerintahkan aktuator. Setelah sinyal *input* diproses oleh mikrokontroler, solenoid valve masing-masing fluida akan membuka dan level pada sistem *mixing process* akan bertambah. Level masing-masing fluida pada *mixing process* akan menentukan komposisinya padasaat selesai dicampur. Selain itu, pada *mixing process* akan di-*sensing* oleh sensor ultrasonik HC-SR04 yang nantinya akan diproses kembali oleh mikrokontroler Atmega8535.

3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini membuat rancang bangun sistem pencampur air dan KOH pada *plant* produksi hidrogen dengan metode elektrolisis yang terintegrasi dengan mikrokontroler atmega8535. Terdapat beberapa bagian penting didalam rancang bangun alat ini yaitu sebagai berikut :

a. Wadah Penampung KOH

Wadah penampung KOH ini terbuat dari bahan akrilik yang terletak dibagian awal yang berfungsi sebagai tempat penampungan KOH cair sebelum masuk *mixing process* pada wadah pencampur.



Gambar 3.3 Wadah Penampung KOH

b. Wadah Penampung Air

Wadah penampung air pada bagian ini terbuat dari bahan akrilik yang terletak dibagian awal sejajar dengan wadah penampung KOH yang berfungsi sebagai tempat penampungan air sebelum masuk ke *mixing process* pada wadah pencampur.



Gambar 3.4 Wadah Penampung Air

c. Wadah Pencampur

Wadah pencampur adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat *mixing process* antara air (*aquades*) dengan KOH (cair) sebagai katalis sebelum masuk pada proses elektrolisis. Pada bagian ini terdapat 1 buah pengaduk yang digerakkan oleh motor dc 12 volt. Pengaduk ini akan bekerja setelah pengisian fluida pertama selesai. Jadi, saat solenoid *valve* pertama berjalan sampai selesai, maka solenoid *valve* 2 akan berjalan bersamaan dengan pengaduk sampai proses pengisian fluida kedua selesai.



Gambar 3.5 Wadah Pencampur

d. Solenoid Valve

Pada bagian rancang bangun ini terdapat 3 solenoid *valve* yaitu terletak pada bagian bawah wadah penampung air, wadah penampung KOH, dan wadah pencampur yang memiliki spesifikasi tegangan 12 volt DC, *range pressure*

0-10 kg/cm², dan suhu -5°C-80°C. Solenoid valve ini berfungsi untuk mengalirkan fluida dari masing-masing wadah.



Gambar 3.6 Solenoid Valve

e. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 pada bagian rancang bangun ini digunakan sebagai pengendali komposisi antara air (*aquades*) dan KOH berdasarkan ketinggian masing-masing fluida pada proses pengisian ke wadah pencampur. Sensor ultrasonik HC-SR04 ini memiliki spesifikasi tegangan 5 volt DC, arus 15 mA, dan range pengukuran 2 cm – 4 m.



Gambar 3.7 Sensor Ultrasonik

f. *Relay*

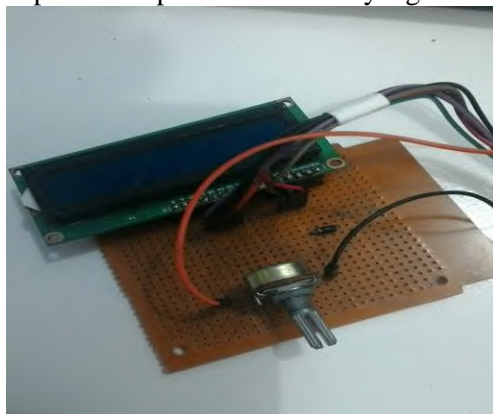
Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi mengalirkan tegangan listrik melalui sebuah penghantar yang digerakkan oleh sebuah medan magnet melalui koil yang dialiri oleh arus listrik. Pada tugas akhir ini menggunakan 3 buah *relay* yang masing-masing memiliki spesifikasi yang sama yaitu dapat dialiri tegangan listrik AC 220 volt dengan arus 10 A dan tegangan listrik DC 30 volt dengan arus 10 A. Sedangkan spesifikasi tegangan untuk menggerakkan koilnya yaitu 5 volt DC.



Gambar 3.8 Relay

g. Liquid Crystal Display (LCD)

Pada tugas akhir ini *liquid crystal display* (LCD) digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler atmega8535. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini mempunyai ukuran 16 x 2 yang artinya LCD ini memiliki 2 baris karakter dan masing-masing baris mampu menampilkan 8 karakter yang berbeda.



Gambar 3.9 Liquid Crystal Display (LCD)

3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir

Perancangan tugas akhir kali ini dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Perancangan Sistem Pencampur Air Dan KOH

Perancangan sistem dan pembuatan alat pencampur air dan KOH pada *plant* produksi hidrogen dengan metode elektrolisis terdiri dari pembuatan perangkat keras (*hardware*), pembuatan perangkat lunak (*software*), serta pembuatan mekanik alat eksperimen. Terdapat diagram blok sistem kendali pada rancang bangun sistem pencampur air dan KOH yang dapat dilihat pada Gambar 3.9.

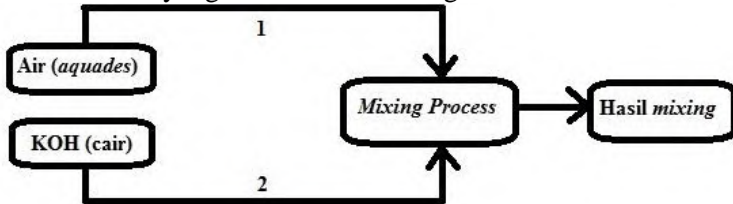


Gambar 3.10 Diagram Alir Perancangan Alat

Pada Gambar 3.9. dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa jarak sehingga setelah sensor ultrasonik mendeteksi jarak antara cairan dengan sensor sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan, maka sensor akan mengirimkan data *digital* ke mikrokontroler atmega8535. Hasil dari pengolahan data pada atmega8535 akan ditampilkan dalam layar *liquid crystal display* (LCD) berukuran 16 x 2 dan solenoid *valve* akan membuka atau menutup sesuai dengan perintah dari mikrokontroler atmega8535.

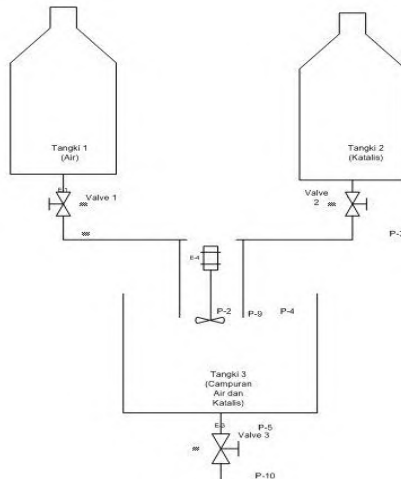
3.3.2 Perancangan BFD, PFD, dan P&ID

Desain yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.11 *Block Flow Diagram*

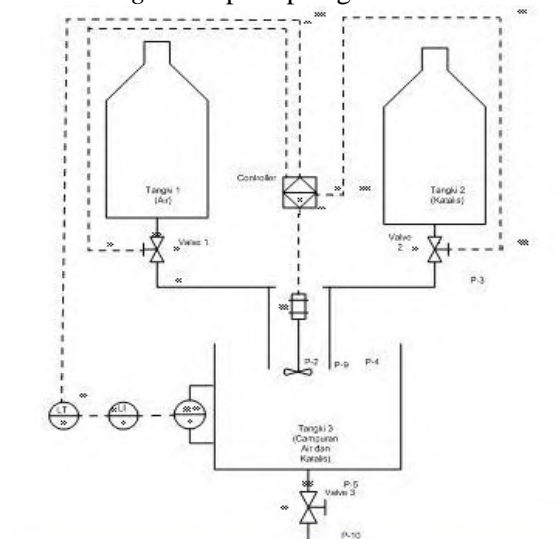
Dari Gambar 3.10. dapat dijelaskan bahwa air (*aquades*) akan mengalir terlebih dahulu ke dalam wadah pencampur (*mixing process*) sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan berdasarkan nilai persen dari ketinggian wadah pencampur. Setelah itu, KOH akan mengalir ke dalam wadah pencampur sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan proses *mixing* akan berjalan selama waktu yang ditentukan. Setelah desain dari *block flow diagram* dibuat, maka selanjutnya yaitu membuat desain *process flow diagram* seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.12 *Process Flow Diagram*

Pada *mini plan* ini dibuat desain *process flow diagram* seperti pada Gambar 3.11. untuk diamati proses apa saja yang terjadi. Sangat diperhatikan faktor dari komposisi campuran air (*aquades*) dan KOH. Pada *process flow diagram* dapat dijelaskan sebuah proses alir dimana pada awalnya aliran air dan KOH dari masing-masing wadah penampung akan mengalir ke dalam wadah pencampur melalui sebuah pipa yang terdapat solenoid *valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Setelah itu, proses *mixing* akan berjalan selama selang waktu yang ditentukan. Setelah proses *mixing* selesai, solenoid *valve* pada wadah pencampur akan membuka dan mengeluarkan hasil campuran untuk dimasukkan ke proses selanjutnya.

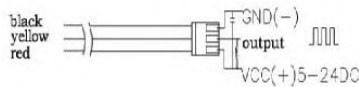
Setelah desain dari *Proses Flow Diagram* dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat desain *Piping and Instrument Diagram* seperti pad gambar 3.12.



Gambar 3.13 *Piping and Instrument Diagram*

3.3.3. Perancangan Rangkaian Pada Mikrokontroler

Pada tugas akhir ini terdapat perancangan rangkaian dari sensor menuju ke mikrokontroler atmega8535. Gambar 3.14 menunjukkan konfigurasi dari sensor ultrasonic HC-SR04 yang memiliki 4 buah pin yaitu *vcc*, *ground*, *echo*, dan *trigger*. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 5VDC dan menghasilkan *output* berupa sinyal digital yang didapatkan dari pantulan sinyal yang mengenai benda yang dikeluarkan oleh *echo* (*transmitter*) dan diterima oleh *trigger* (*receiver*).



Gambar 3.14 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04^[6]

Sedangkan untuk konfigurasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler atmega8535 yang telah terintegrasi dengan *liquid crystal display* 16x2 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konfigurasi Pada Atmega8535

Komponen	Konfigurasi	Pin Pada Atmega8535
Sensor	VCC	+5 V
	<i>Echo</i>	PINA.6
	GND	GND
	<i>Trigger</i>	PINA.7
LCD	VDD	+5V
	VSS	GND
	RS	PINC.0
	EN	PINC.1
	RW	PINC.2
	D4	PINC.4
	D5	PINC.5
	D6	PINC.6
	D7	PINC.7

Selain itu, juga terdapat perancangan pengendali komposisi menggunakan 2 *toogle switch*. Pada *toogle switch* 1 dapat mengatur komposisi air dan KOH dengan rasio 60% : 40%. Sedangkan *toogle switch* 2 mengendalikan komposisi air dan KOH dengan rasio 70% : 30%. Cara kerja dari masing-masing *toogle switch* yaitu ketika sensor ultrasonik HC-SR04 membaca ketinggian fluida yang telah ditentukan, maka sebelum *toogle switch* dinyalakan, *solenoid valve* tidak akan membuka. Pada *toogle switch* yang digunakan pada perancangan tugas akhir ini memiliki konfigurasi 3 *port* yaitu VCC dan 2 *port* kondisi yaitu *ON* dan *OFF*. Terdapat 3 *set point* yang diberikan yaitu 11 cm, 14 cm, dan 3 cm. Penentuan *set point* dilakukan berdasarkan tinggi pada wadah pencampur (*mixing process*). Wadah pencampur (*mixing process*) memiliki tinggi 20 cm. Sedangkan sensor ultrasonik yang digunakan memiliki *range* minimal 2 cm. Apabila *set point* ketinggian *maksimum* diubah menjadi diatas 17 cm, maka pembacaan sensor ultrasonik akan acak dan tidak bisa memberikan aksi pada aktuator (*solenoid valve*) untuk menutup. Sehingga, akan terjadi *overload* dan campuran air dan KOH akan tumpah. Pada rasio larutan air dan KOH 60% : 40%, *solenoid valve* 1 akan mengalirkan air ke wadah *mixing process* sampai ketinggian 11 cm. Setelah itu, *solenoid valve* 1 akan menutup dan *solenoid valve* 2 akan mengalirkan larutan KOH ke wadah *mixing process* bersamaan dengan bergerakanya pengaduk sampai ketinggian 17 cm kemudian *OFF*. Sedangkan, pada saat rasio larutan air dan KOH 70% : 30% *solenoid valve* 1 akan mengalirkan air ke wadah *mixing process* sampai ketinggian 14 cm. Setelah itu, *solenoid valve* 1 akan menutup dan *solenoid valve* 2 akan mengalirkan larutan KOH ke wadah *mixing process* bersamaan dengan bergerakanya pengaduk sampai ketinggian 17 cm kemudian *OFF*.

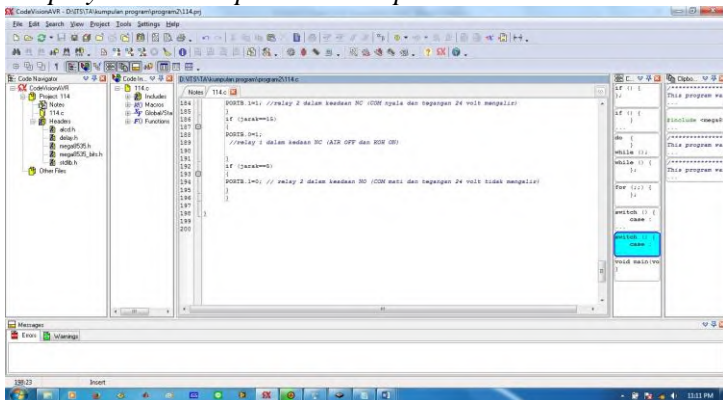
3.4. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada perancangan alat ini terdapat 2 *software* yang masing-masing digunakan untuk membuat program sebelum di-*compile*

ke mikrokontroler dan digunakan sebagai *compiler* program ke, yaitu *Code Vision AVR V 2.05.0* dan *Khazama V 1.7.0*.

3.4.1. *Code Vision AVR V 2.05.0*

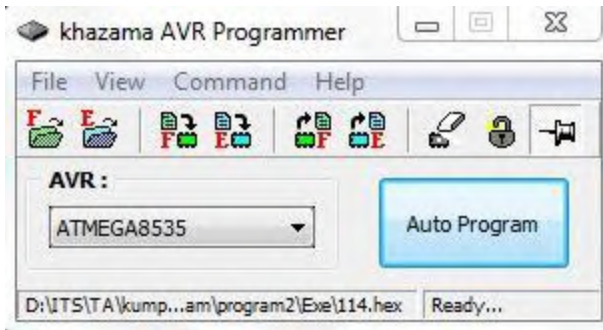
Seperti yang terlihat pada gambar 3.15. *software code vision* AVR v 2.05.0 digunakan untuk membuat *listing program* yang berisi perintah - perintah guna mengintegrasikan hasil pengukuran komposisi campuran berdasarkan ketinggian pada wadah pencampur yang telah diterima dari sensor menuju ke mikrokontroler atmega8535. Selain itu, dapat juga memberikan perintah untuk mengintegrasikan mikrokontroler menuju ke *liquid crystal display 16x2* serta *personal computer*.



Gambar 3.15 Tampilan *Software Code Vision AVR V 2.05.0*

3.4.2 *Khazama V 1.7.0*

Software ini digunakan untuk meng-*compile listing* program yang dibuat pada *code vision AVR* ke mikrokontroler atmega8535. Selain itu, khazama v 1.7.0 juga dapat melakukan pengaturan *clock* dan proses eksekusi program pada mikrokontroler. Tampilan khazama v 1.7.0 yang digunakan pada tugas akhir kali ini dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Khazama V 1.7.0

3.5 Prosedur Operasional

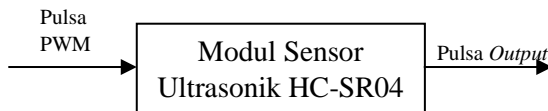
Untuk mengaktifkan *plant* elektrolisis ini perlu diperhatikan tata cara operasionalnya, yaitu sebagai berikut :

1. Pastikan semua sambungan *wiring* rangkaian telah terpasang dengan benar dan sesuai.
2. Pastikan tidak ada kebocoran pada masing – masing bagian *plant* termasuk tabung dan selang – selangnya.
3. Pastikan pemasangan sensor dilakukan dengan baik dan benar.
4. Pastikan sambungan kabel yang terhubung dengan tegangan AC terhubung dengan benar, sesuai dan pastikan tidak ada kabel yang terkelupas.
5. Pastikan apakah *power supply* untuk kontroler dan bagian – bagian lainnya telah terpasang dan terhubung dengan benar.
6. Hubungkan kabel *power* ke listrik AC PLN
7. Lihat apakah ada sistem yang terjadi *error*. Jika terjadi *error* maka putuskan kabel dari listrik AC PLN dan lakukan *troubleshooting*.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada tugas akhir rancang bangun sistem pencampur air dan KOH ini telah dilakukan pengujian sensor ultrasonik HC-SR04. Dalam pengujian sensor, masukan dari sensor ultrasonik HC-SR04 adalah besaran fisis berupa pulsa yang memiliki frekuensi tertentu dan memiliki keluaran berupa tegangan. Gambar 4.1 merupakan diagram blok pada pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04.



Gambar 4.1. Diagram Alir Sensor

Dari diagram blok diatas, dapat diketahui bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik sesaat berupa pulsa PWM dan menghasilkan pulsa *output* yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik sesaat ketika kembali menuju sensor.

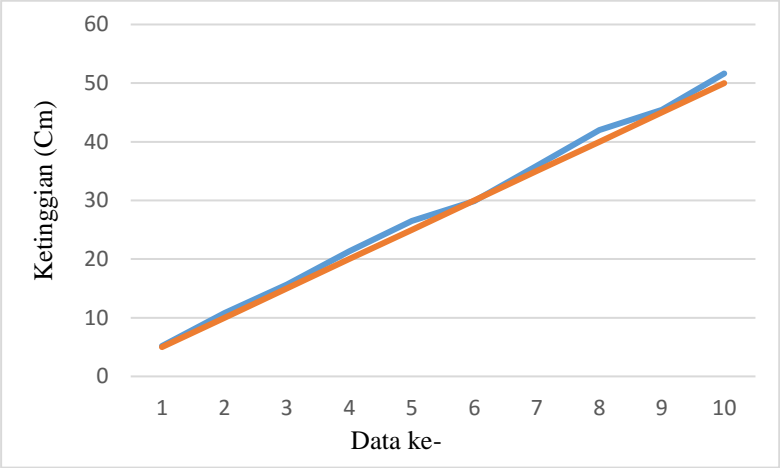
Mikrokontroler memberikan pulsa *high* pada *pin trigger pulse input* dari sensor untuk mengaktifkan sensor ultrasonik. Untuk menghitung lebar PWM yaitu menggunakan *timer 0*. *Pin echo pulse output* terhubung dengan *pin* pada mikrokontroler. Ketika *pin echo pulse output high*, maka *timer 0* akan aktif dan ketika *pin echo* kembali bernilai *low*, maka *timer 0* dinonaktifkan dan data TCNT0 diambil sebagai data jarak.

Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan pada pembacaan skala didapatkan nilai *error* pada masing-masing nilai pembacaan dengan nilai rata-rata *error* -0,936 yang ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standar	Koreksi
1	5,18	5	-0,18
2	10,82	10	-0,82
3	15,64	15	-0,64
4	21,33	20	-1,33
5	26,51	25	-1,51
6	29,91	30	0,09
7	35,89	35	-0,89
8	42	40	-2
9	45,44	45	-0,44
10	51,64	50	-1,64
Jumlah	284,36	275	-9,36
Rata-rata	28,436	27,5	-0,936

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil pembacaan skala sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditunjukkan oleh gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

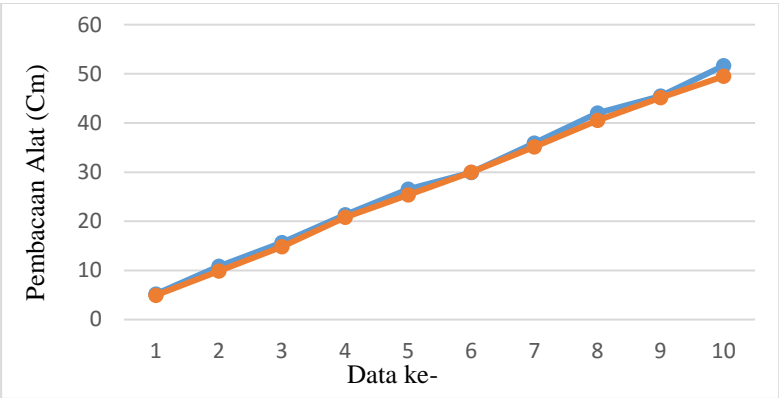
Pada gambar 4.2 terdapat 2 grafik yaitu pembacaan alat pada grafik berwarna biru dan pembacaan standar pada grafik berwarna *orange*. Selain itu, juga menunjukkan *error* pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 pada masing-masing titik atau nilai yang telah ditentukan. Nilai *error* didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai pembacaan standar dengan nilai pembacaan alat.

Selain pengujian pembacaan skala pada sensor ultrasonik HC-SR04, juga dilakukan pengujian pembacaan naik dan turun pada sensor dengan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	O (naik)	O (turun)
1.	5,18	4,92
2.	10,82	9,88
3.	15,64	14,83
4.	21,33	20,82
5.	26,51	25,35
6.	29,91	29,94
7.	35,89	35,1
8.	42	40,52
9.	45,44	45,11
10.	51,64	49,49

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pembacaan naik dan pembacaan turun pada sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditunjukkan pada tabel 4.2, didapatkan hasil *plotting* grafik yang ditunjukkan gambar 4.2 berikut.

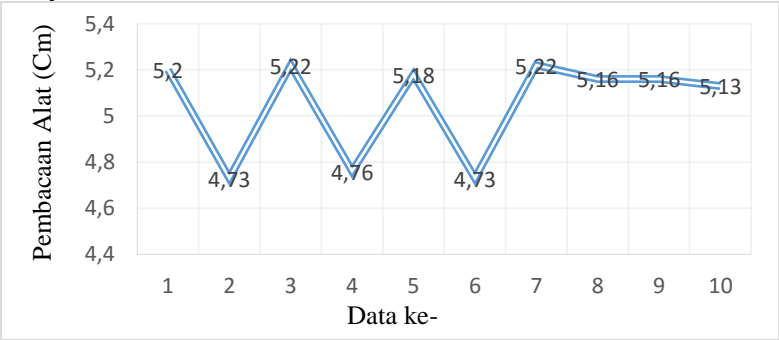


Gambar 4.3 Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada gambar 4.3 terdapat 2 buah grafik yaitu pembacaan naik yang ditunjukkan oleh grafik berwarna biru dan pembacaan turun yang ditunjukkan oleh grafik berwarna *orange*. Selain itu, dari hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 didapatkan spesifikasi alat melalui data karakteristik static yang menghasilkan data sebagai berikut :

a. Presisi

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui nilai kepresisian sensor ultrasonik HC-SR04 dengan meggunakan persamaan 2.1 yaitu 0,990.



Gambar 4.4 Grafik Presisi Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

Grafik pada gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa pembacaan berulang pada alat mendekati nilai pembacaan standar, meskipun ada beberapa titik yang menunjukkan pembacaan yang sedikit menyimpang terlalu besar yaitu pada pembacaan ke-2, ke-3, dan ke-6 yang masing-masing 4,73, 4,76, dan 4,73.

b. Linearitas

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui linearitas sensor ultrasonik HC-SR04.

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

(4.1)

$$K = \frac{51,64 - 5,18}{50 - 5} = 1,032444$$

$$a = O_{min} - (K \cdot I_{min}) \quad (4.2)$$

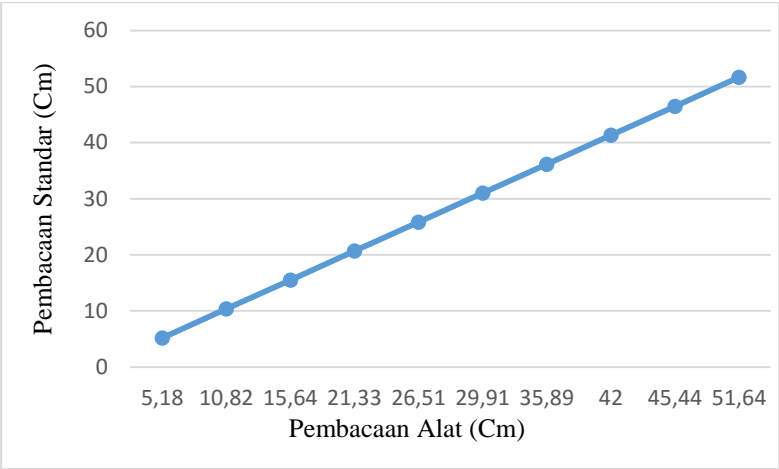
$$a = 5,18 - (1,032444 \cdot 5) = 0,017778$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan O_{ideal} Sensor Ultrasonik

No.	Pembacaan Standar	O_{ideal}
1.	5	5,18
2.	10	10,34222
3.	15	15,50444
4.	20	20,66667
5.	25	25,82889
6.	30	30,99111
7.	35	36,15333
8.	40	41,31556
9.	45	46,47778
10.	50	51,64

Pada tabel 4.2 diatas menunjukkan nilai O_{ideal} pada masing-masing skala pembacaan. Nilai O_{ideal} tersebut dapat

dibuat sebuah grafik seperti pada gambar 4.4 untuk mengetahui linearitas pembacaan sensor.



Gambar 4.5 Grafik *Linearity* Sensor Ultrasonik HC-SR04

c. *Hysteresis*

Pengujian yang dilakukan pada alat melalui pembacaan naik dan pembacaan turun, didapatkan nilai histerisis dari alat seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

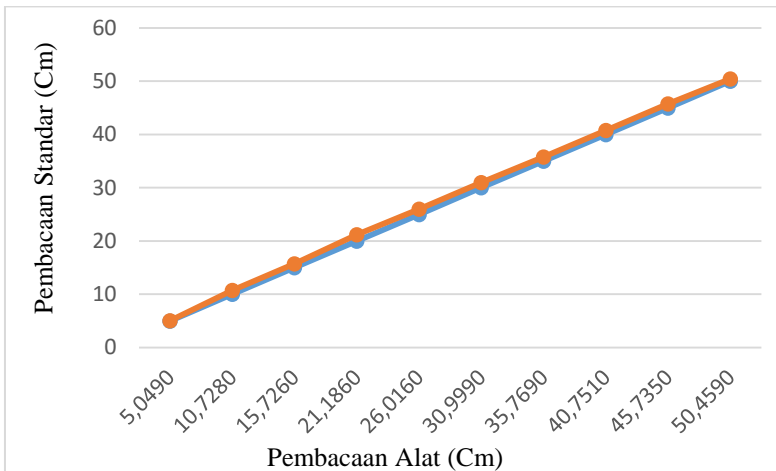
Tabel 4.4 Nilai *Hysteresis* Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	O (naik)	O (turun)	O(max)	O(min)	Hysteresis
1.	5,18	4,92	51,64	4,92	0,948416
2.	10,82	9,88			0,733947
3.	15,64	14,83			0,532534
4.	21,33	20,82			0,294735
5.	26,51	25,35			0,073416
6.	29,91	29,94			-0,0976
7.	35,89	35,1			-0,32256
8.	42	40,52			-0,58155
9.	45,44	45,11			-0,76113
10.	51,64	49,49			-1

$$\hat{H} = H(I)_{max}$$

$$\%H = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$\%H = \frac{0,000642123}{51,64 - 4,92} \times 100\% = 0,000137441\%$$



Gambar 4.6 Grafik Histerisis Sensor Ultrasonik HC-SR04

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.6, pembacaan naik dan pembacaan turun pada sensor menghasilkan nilai *Hysteresis* 0,000137441%. Selain itu, penyimpangan yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.6 tidak terlalu besar.

d. Akurasi

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 melalui pembacaan skala dapat diketahui akurasi dari sensor ultrasonik HC-SR04.

$$akurasi = 1 - \frac{rata-rata\ pembacaan\ standar - alat}{rata-rata\ pembacaan\ standar} \quad (4.4)$$

$$akurasi = 1 - \frac{27,5-28,2418}{27,5}$$

$$= 1,026975$$

$$\%akurasi = 100 - (akurasi \times 100\%)$$

$$= 98,97303 \%$$

Dari perhitungan nilai akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan persamaan 4.4, didapatkan tingkat akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 98,97303 %. Berdasarkan hasil tersebut, tingkat keakurasian dari sensor ultrasonik HC-SR04 masih tinggi dan masih layak digunakan.

e. Sensitivitas

Nilai sensitivitas dari sensor ultrasonik HC-SR04 dapat menjelaskan mengenai kemampuan sensor untuk membaca perubahan input yang diberikan .

$$Sensitivitas (K) = \frac{\Delta o}{\Delta I} \quad (4.5)$$

$$Sensitivitas (K) = \frac{50,4590-5,0490}{50-5} = 1,00911111$$

4.2 Pengujian Ketidakpastian Pembacaan Alat

UA1 adalah perbandingan data pengukuran sensor dengan alat yang sebenarnya atau dengan standar. Selanjutnya dari data tersebut akan ditemukan nilai rata-rata, standar deviasi, dan *repeatability*. Sedangkan UA2 adalah perbandingan nilai data yang satu dengan data yang satu dengan data yang selanjutnya, sehingga dapat dihitung nilai *error* dari data tersebut.

- Analisa Tipe A

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, pada tugas akhir ini dilakukan 10 kali pengambilan data.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4.6)$$

$$= 0,316211$$

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,316211}{\sqrt{10}} \\
&= 0,099994978 \\
b &= \frac{n(\sum XY) - (\sum X - \sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X^2)} \quad (4.8) \\
&= \frac{(10 \times (-210,485)) - ((-7,4180) \times (275))}{10 (9625)^2 - (275)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -0,003146667 \\
a &= -655266667
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_{a2} &= \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (4.9) \\
&= \sqrt{\frac{0,879488}{10-2}} \\
&= 0,331565931
\end{aligned}$$

- Analisa Tipe B

Pada analisa tipe ini dibagi dibagi menjadi 2 yaitu ketidakpastian resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian standar (U_{B2}).

$$\begin{aligned}
U_{B1} &= \frac{\frac{\text{resolusi}}{2}}{\sqrt{3}} \quad (5.0) \\
&= \frac{\frac{0,01}{2}}{\sqrt{3}} \\
&= 0,002886751
\end{aligned}$$

$$U_{B2} = 2\% \times \frac{\text{max. pembacaan standar}}{2} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned}
&= 2\% \times \frac{50}{2} \\
&= 0,5
\end{aligned}$$

- Ketidakpastian Kombinasi (U_C)

Ketidakpastian kombinasi merupakan gabungan dari semua hasil perhitungan ketidakpastian untuk

memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi. Rumus umum dari ketidakpastian kombinasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 U_C &= \sqrt{\sum(U_a)^2 + \sum(U_B)^2} \\
 (5.2) \quad &= \sqrt{0,999944978^2 + 0,331565931^2 +} \\
 &\quad \sqrt{0,002886751^2 + 0,5^2} \\
 &= 0,60822964
 \end{aligned}$$

- Derajat Kebebasan Efektif (V_{eff})

Dengan nilai $V_1=9$, $V_2=9$, $V_3=tak\ terhitung$, dan $V_4=50$ maka dapat dicari V_{eff} dengan persamaan 5.3.

$$\begin{aligned}
 V_{eff} &= \frac{U_C^4}{\frac{U_{a1}^4}{V_1} + \frac{U_{a2}^4}{V_2} + \frac{U_{b1}^4}{tak\ terhitung} + \frac{U_{b2}^4}{V_4}} \quad (5.3) \\
 &= 53
 \end{aligned}$$

- Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})

Untuk mencari nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}), maka dapat dicari menggunakan persamaan 5.4 dengan nilai $k=2,006$ dan dengan tingkat kepercayaan 95%.

$$\begin{aligned}
 U_{exp} &= k \cdot U_C \quad (5.4) \\
 &= 2,006 \times 0,60822964 \\
 &= 1,220094918
 \end{aligned}$$

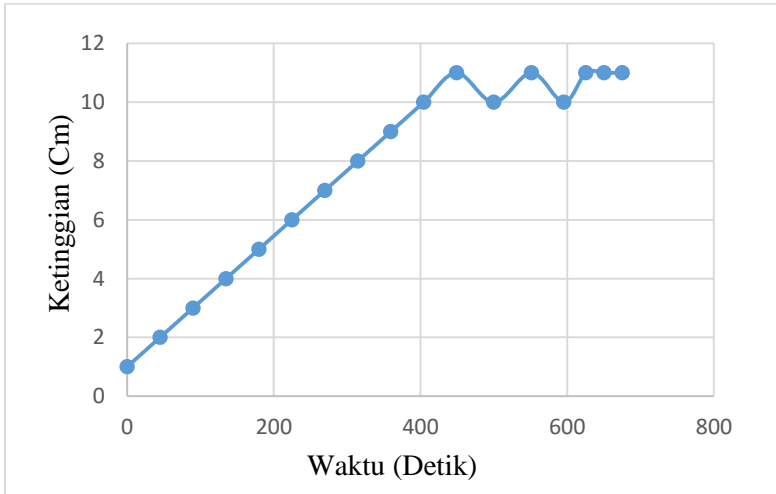
Selain data pengujian ketidakpastian pembacaan alat, juga didapatkan data lamanya motor pengaduk bergerak yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Durasi Pergerakan Motor Pengaduk

No.	Air (60%), KOH (40%)	Air (70%), KOH (30%)
1.	431,12 detik	140,01 detik

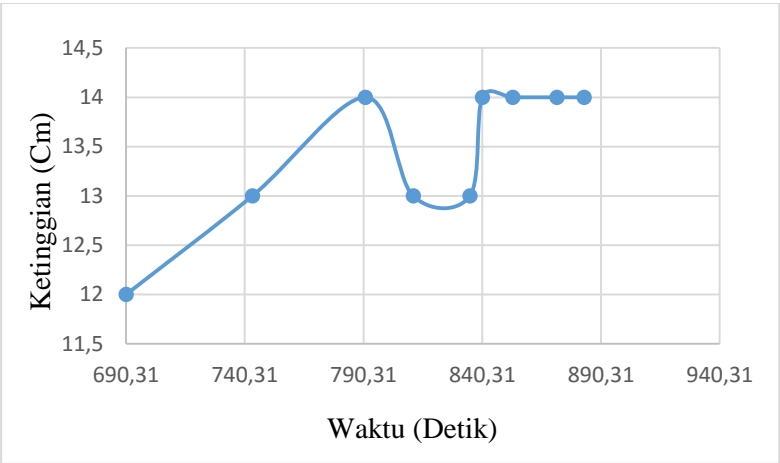
4.3 Pengambilan Data Respon Sistem

Pada pengambilan data didapatkan grafik yang menggambarkan respon sistem untuk mencapai *set point* . Terdapat 3 macam nilai *set point* yaitu pada ketinggian 11 cm, 14 cm, dan 17 cm.



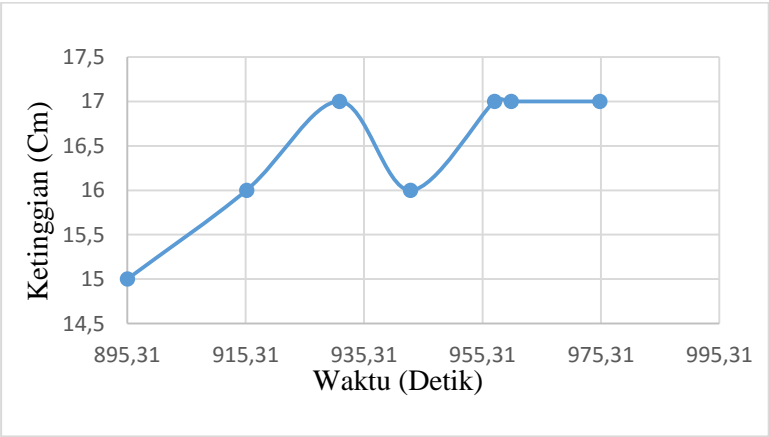
Gambar 4.7 Grafik Respon Pada *Set Point* 11 Cm

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.7 didapatkan nilai *rise time* (T_r) 404,46 detik, *peak time* (T_p) 449,4 detik, dan waktu *steady* 675,08 detik



Gambar 4.8 Grafik Respon Pada *Set Point* 14 Cm

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 didapatkan nilai *rise time* (*Tr*) 791,11 detik, dan waktu *steady* 883,21 detik.



Gambar 4.9 Grafik Respon Pada *Set Point* 17 Cm

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9 didapatkan nilai *rise time* (*Tr*) 931,11 detik, dan waktu *steady* 975,12 detik.

LAMPIRAN A

DATA SHEET ATMEGA8535

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources



8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535

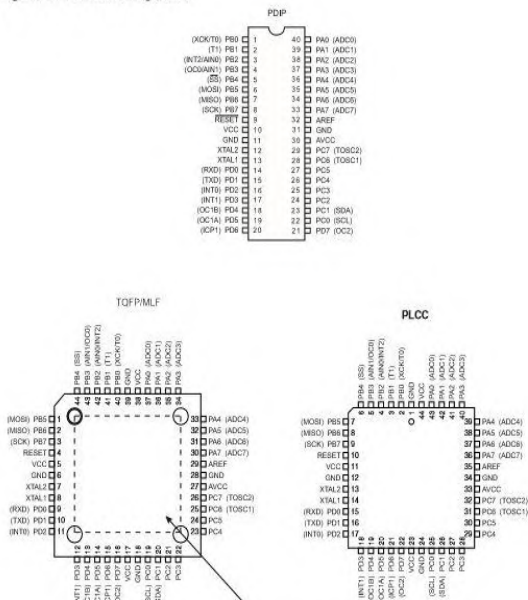
2502KS-AVR-10/06



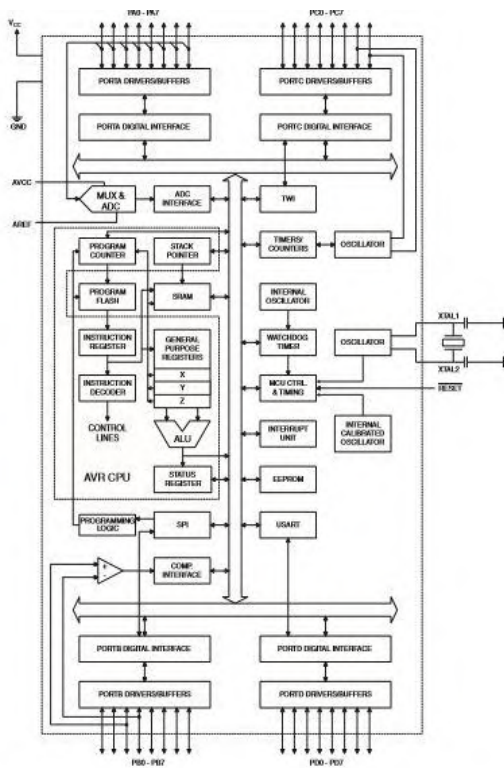
Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.



LAMPIRAN B

DATA SHEET ULTRASONIK HC-SR04



Text Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
 - (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
 - (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.
- Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S) / 2.

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40KHz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10us TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ S pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



LAMPIRAN C DATA SHEET SOLENOID VALVE

PNEUMISSION

Solenoid Valve 2W, 2L, 2/2 Series

Technical data

Type	2W025-06	2W025-08	2W040-10
Port size(Ø)	1/8"	1/4"	3/8"
Fluid	Air, Water, Oil		
Temperature range	-5~60℃		
Operating pressure(MPa)	0~0.7		
Acting type	Direct acting		



How to Order

2W

Series
2W:2 Position 2 Way

025

Port diameter
025:25mm
040:40mm

06

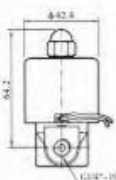
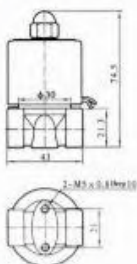
Port Size
06:G1/8"
08:G1/4"
10:G3/8"

AC110V

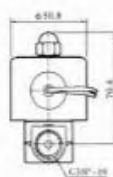
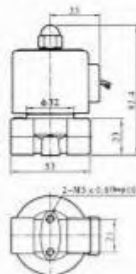
Coil Voltage
DC12V
DC24V
AC24V 50/60Hz
AC110V 50/60Hz
AC220V 50/60Hz
AC380V 50/60Hz

Dimensions(mm):

2W025-06, 08



2W040-10



Solenoid Valve 2W, 2L, 2/2 Series

Technical data

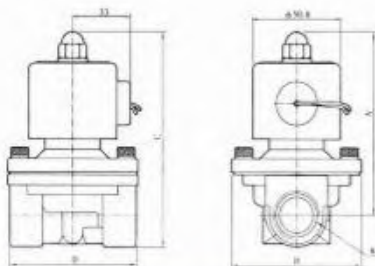
Type	2W160-15	2W200-20	2W250-25	2W350-35	2W400-40	2W500-50
Port size(G)	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Fluid	Air Water Oil					
Temperature range	-5~60°C					
Operating pressure(MPa)	Air:0~0.7; Water:0~0.5; Oil:0~0.5					



How to order:

2W	160	15	AC110V
Series 2W2 Position 2 Way	Port diameter 160:16mm 200:20mm 250:25mm 350:35mm 400:40mm 500:50mm	Port Size 15:G1/2" 20:G3/4" 25:G1" 35:G1 1/4" 40:G1 1/2" 50:G2"	Coil Voltage DC12V DC24V AC24V 50/60HZ AC110V 50/60HZ AC220V 50/60HZ AC380V 50/60HZ

Dimensions(mm):



Type	A	B	C	D	K
2W160-16	93	57	106.5	69	G1/2"
2W200-20	100	57	116.4	73	G3/4"
2W250-25	106	73.4	126	89	G1"
2W350-35	142	86	172	123	G1 1/4"
2W400-40	142	86	172	123	G1 1/2"
2W500-50	172	123	209	168	G2"

LAMPIRAN D

LISTING PROGRAM

```
/*  
*
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 24/6/2016
Author : Berel
Company : toriki
Comments:

Chip type : ATmega8535
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8,000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 128

```
*****
```

```
/
```

```
#include <mega8535.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <stdio.h>  
// Alphanumeric LCD functions  
#include <alcd.h>  
#define TRIG PORTA.7  
#define ECHO PINA.6
```

```

// Declare your global variables here
unsigned int count;
int ketenggian;
unsigned char strketenggian[16];
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=1
State1=1 State0=1
PORTB=0x07;
DDRB=0x07;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In

```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=0x00;

// SPI initialization
```

```

// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
PORTA=0X00;
DDRA=0X80;
while (1)
{
    count=0;
    PORTA.7=1;//inisialisasi sensor
    delay_us(10);
    PORTA.7=0;
    delay_us(10);
    PORTA.7=1;

    while (PINA.6==0){ };
    while (PINA.6==1)

    {
        count++;

```



```

//delay_us(58);
}

ketinggian=((count*0.043332)/2); //rumus mencari jarak
lcd_clear();
lcd_gotoxy(13,0);
lcd_putsf("cm");
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("jarak=");
lcd_gotoxy(7,0);

itoa(ketinggian,strketinggian);
lcd_puts(strketinggian);
delay_ms(400);
lcd_clear();

//PORTB.0= relay 1
//PORTB.1= relay 2
//PORTB.2= relay 3

if
(((ketinggian==0)&&(PIND.0==0))||((ketinggian==0||ketinggian
==20)&&(PIND.1==0)))
{
    PORTB.0=1; // relay 1 dalam keadaan NC (SV 1 ON dan SV
2 OFF)
    PORTB.1=0; // relay 2 dalam keadaan NO (mengalirkan 12V
ke COM relay 1)
    PORTB.2=1; // relay 3 dalam keadaan NC (motor dc OFF)
}
if
(((ketinggian==11)&&(PIND.0==0))||((ketinggian==14)&&(PIN
D.1==0)))
{
    PORTB.0=0; // relay 1 dalam keadaan NO (SV 2 ON SV 1
OFF)

```

```
PORTB.2=0; // relay 3 dalam keadaan NC (motor dc OFF)
}
if (ketinggian==17)
{
PORTB.0=1; // relay 1 dalam keadaan NO (SV 2 ON SV 1
OFF)
PORTB.1=1; // relay 2 dalam keadaan NO (memutuskan 12V
ke COM relay 1)
PORTB.2=1; // relay 3 dalam keadaan NO (menyalakan
motor dc)
}
}
}
```

LAMPIRAN E
HASIL PEMBACAAN BERULANG PADA SENSOR
ULTRASONIK HC-SR04

Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	5,2	4,73	5,22	4,76	5,18	4,73	5,22	5,16	5,16	5,13	5,0490
10	10,71	10,69	10,69	10,73	10,73	10,75	10,75	10,73	10,75	10,75	10,7280
15	15,98	15,91	15,98	15,49	15,98	15,49	15,47	15,98	15,49	15,49	15,7260
20	21,22	21,1	21,18	21,11	21,89	21,91	20,89	20,86	20,86	20,84	21,1860
25	26,45	25,98	25,89	25,54	26,04	25,96	26,43	26,48	25,91	25,48	26,0160
30	31,07	31,09	30,68	31,16	31,16	30,74	31,18	30,66	31,09	31,16	30,9990
35	35,81	36,29	35,79	35,62	35,6	35,73	35,73	35,73	35,73	35,66	35,7690
40	40,73	40,62	40,75	40,73	40,8	40,82	40,8	40,73	40,82	40,71	40,7510
45	45,82	45,78	45,67	45,78	45,76	45,43	45,72	45,52	45,89	45,98	45,7350
50	50,57	50,53	50,2	50,96	50,18	50,55	50,03	50,5	50,57	50,5	50,4590

LAMPIRAN F

HASIL PENGUJIAN GAS HIDROGEN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Rizky Kurniasari
Alamat Pemilik : Teknik Fisika ITS
Nama Contoh : **Gas H₂**
Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas
Contoh : Volume : -
Kemasan : plastik
Kode Contoh : **EI-0397**
Tanggal Terima : 27 Juni 2016
Tanggal Pengujian : 28 Juni 2016
Tanggal Selesai :
Pengujian : 14 Juli 2016
Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi – LPPM ITS.

Hasil Pengujian

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Gas H ₂	H ₂	100	5	Gas Kromatografi (Kuantitatif)

Catatan:

1. Laporan Hasil Pengujian tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Energi.
2. Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
3. Hasil pengujian ini tidak dapat digunakan sebagai alat bukti hukum.

Mengetahui,
Manajer Teknis

Vita yuliana, S.Si
NIP. 914014001

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan untuk mengatur campuran antara air dan KOH menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan rata-rata tingkat kepresisiannya adalah 0,990295, akurasi 98,97%, dan sensitivitas 1,0091111. Sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja mengatur volume masing cairan yang masuk ke wadah *mixing process* berdasarkan perintah dari *toogle button*.
2. Alat pengaduk otomatis akan bergerak saat KOH mengalir ke wadah *mixing process* dengan durasi waktu saat komposisi *aquades* 60% dan KOH 40% yaitu 20 detik. Sedangkan, saat komposisi *aquades* 70% dan KOH 30% motor DC akan mengaduk dengan durasi waktu 15 detik.
3. Respon sistem saat *set point* = 11 cm membutuhkan waktu 675,08 untuk mencapai *steady state* dengan nilai *error* 0,102%, saat *set point* 14 cm membutuhkan waktu 883,21 detik untuk mencapai *steady state* dengan nilai *error* 0,131%, dan saat *set point* 17 cm membutuhkan waktu 975,12 detik untuk mencapai *steady state* dengan nilai *error* 0,159%.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Pengujian sensor harus dilakukan secara teliti karena jika ada kesalahan pada perhitungan maupun pada saat pelaksanaan akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan sensor.
2. Sebaiknya menggunakan gardan yang lebih kuat, agar motor DC dapat mengaduk campuran air dan larutan KOH lebih baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Appleby, AJ. 1978. High Efficiency Water Electrolysis In Alkaline Solution. International Journal of Hydrogen Energy.
- [2] Abdurrahman, Arief. 2013. Studi Eksperimental Pengaruh Tegangan Listrik, Konsentrasi Katalis, dan Temperatur Terhadap Optimalisasi Elektrolisis Brown's Gas. Jurnal Penelitian
- [3] Mariana, D. 2005. Dunia Elektronika Dan Mikrokontroler. <http://www.duniaelektronikadanmikrokontroler.com>. Diakses pada tanggal 10 April 2016.
- [4] Millah, S. 2007. Pneumatik dan Hidrolik. <http://www.kontrolfluida.co.id>. Diakses pada tanggal 17 Maret 2016.
- [5] Suharsaputra, U. 2009. Jenis-Jenis Motor Servo. <http://www.electricaleducation.com>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2016
- [6] Mariana, D. 2005. Sensor Ultrasonik HC-SR04. <http://www.duniaelektronikadanmikrokontroler.com>. Diakses pada tanggal 10 April 2016.
- [7] Bentley, John P. Principles of Measurement Systems – 4th edition. London : Pearson Education Limited

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sumenep pada tanggal 19 Mei 1995. Penulis berasal dari Pandian RT 02 RW 05, Sumenep, Jawa Timur. Pada tahun 2007, penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Pandian 1 Sumenep. Pada tahun 2010, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di MTsN Sumenep. Tahun 2013 penulis telah menyelesaikan pendidikan di SMAN 2 Sumenep. Pada tahun 2016, penulis mampu menyelesaikan pendidikan

Diploma di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email bereltoriki11@gmail.com.